

ELECTRON EMITTER ELEMENT

Publication number: JP7029483

Publication date: 1995-01-31

Inventor: KOBASHI KOJI

Applicant: KOBE STEEL LTD

Classification:

- international: H01J1/304; H01J1/30; H01J9/02; H01J1/30; H01J9/02;
(IPC1-7): H01J1/30

- european:

Application number: JP19930176973 19930716

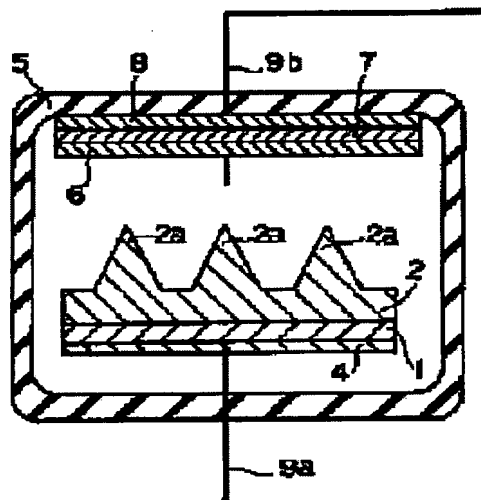
Priority number(s): JP19930176973 19930716

Report a data error here

Abstract of JP7029483

PURPOSE: To provide an electron emitter element having a long life and usable at a large power in which an emitter part has low heat resistance and withstand voltage, and the deterioration of electron emitting characteristic accompanied by use is minimized.

CONSTITUTION: An electron emitter element is formed of a base 1; a diamond layer 2 formed on the base 1 and having a needle emitter part 2a; and an electrode formed on the lower surface of the base 1. This electron emitter element is, for example, arranged opposite to a light emitting plate having a fluorescent thin film 6, and used as a light emitting element.



7/9

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-29483

(43) 公開日 平成7年(1995)1月31日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 J 1/30

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-176973

(22) 出願日 平成5年(1993)7月16日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 小橋 宏司

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

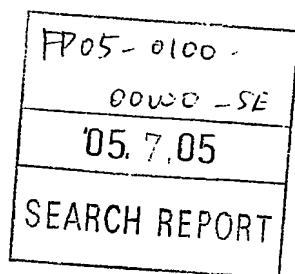
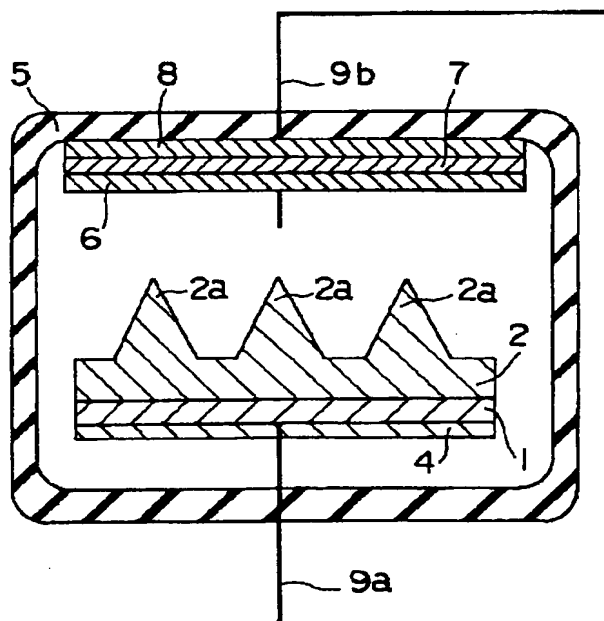
(74) 代理人 弁理士 藤巻 正憲

(54) 【発明の名称】 電子エミッタ素子

(57) 【要約】

【目的】 エミッタ部の耐熱性及び耐電圧が高く、使用に伴う電子放出特性の劣化が少なく、寿命が長く、大電力で使用することが可能な電子エミッタ素子を提供することを目的とする。

【構成】 電子エミッタ素子は基板1と、この基板1上に形成され針状のエミッタ部2aが設けられたダイヤモンド層2と、基板1の下面に形成された電極4とにより構成されている。この電子エミッタ素子は、例えば蛍光薄膜6を備えた発光板に対向して配置され、発光素子として使用される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子を放出するエミッタ部を備えた電子エミッタ素子において、前記エミッタ部は先端が尖った形状をなし、ダイヤモンドにより構成されていることを特徴とする電子エミッタ素子。

【請求項2】 前記エミッタ部のダイヤモンドがp型半導体ダイヤモンド、n型半導体ダイヤモンド、真性半導体ダイヤモンド又はこれらの複合されたものであることを特徴とする請求項1に記載の電子エミッタ素子。

【請求項3】 前記エミッタ部のダイヤモンドが天然ダイヤモンド、人工ダイヤモンド、気相合成ダイヤモンド又はこれらを組み合わせたものであり、プラズマエッチング又はイオンビームにより成形加工されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の電子エミッタ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はマイクロエレクトロニクス技術を利用した整流素子、増幅素子、発光素子及びディスプレイ等に適用可能な電子エミッタ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体トランジスタ等の製造に使用されている微細加工技術を利用して、ミクロンサイズの微小な真空素子を作製する技術が研究開発されている（（1）伊藤順司、応用物理、第59巻、第2号、1990年、（2）横尾邦義、電気学会誌、第112巻、第4号、1992年）。

【0003】図12は、シリコンを使用した電子エミッタ素子により構成された発光素子の一例を示す模式的断面図である。電子エミッタ素子は、導電性シリコン基板51とこのシリコン基板51上に形成されたシリコン層52とにより構成されており、シリコン層52の表面には微細加工技術を使用して円錐状に成形加工されたシリコン電子エミッタ部52aが設けられている。また、この電子エミッタ部52aに対向して対向電極56が配置されている。この対向電極56は透明なガラス基板55に、透明電極54及び蛍光薄膜53を順次コーティングして形成されたものであり、蛍光薄膜53側が電子エミッタ部52a側に配置されている。

【0004】このように構成された発光素子を高真空中におき、基板51と対向電極56との間に所定の電圧を印加すると、エミッタ部52aの先端から真空中に電子が放出される。この放出された電子は、図中矢印で示すような軌道を通して蛍光薄膜53に到達する。電子流が蛍光薄膜53に衝突することにより、蛍光薄膜53が発光する。この場合に、蛍光薄膜53の材料を変えることにより、赤・黄・青の3原色又はその中間色を自由に発光させることができる。また、単一の発光素子又はこれらの発光素子を直線状又は平面状に配列した光ディスプレイを構成することもできる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したように、従来の電子エミッタ素子においては、エミッタ部の構成材料がシリコンからなるため、素子動作中に発生する熱により、エミッタ部先端の曲率が大きくなって、電子放出特性が急速に劣化するという問題点がある。動作電流が大きい場合は、発熱量がより一層大きくなって電子放出特性の劣化がより一層加速される。また、真空中には極めて微量であるものの酸素等のガスが存在しているため、前記酸素がエミッタ部52aの表面のシリコンと反応してエミッタ部52aの表面に電気絶縁性のSiO₂膜が形成される。このSiO₂膜によっても、電子放出特性が劣化する。このように、従来の電子エミッタ素子は、寿命が短く、大電力動作に耐えられないため、実用化が極めて困難であるという問題点がある。

【0006】そこで、気相合成法により形成されたダイヤモンド粒子又はダイヤモンド薄膜を利用して電子エミッタ素子を形成することが考えられる。ダイヤモンド薄膜に電圧を印加すると、電子放出が起こることは既に報告されている（C.Wang, A.Garcia, D.C.Ingram, M.Lake and M.E.Kordes, Electronics Letters; Vol.27, No.16, p1459, August 1991）。

【0007】しかし、この場合は、電流量が10mA/cm²程度であり、集積化したシリコン電子放出素子アレーの場合の1000A/cm²に比して電子放出量が極めて少ないという問題点がある。

【0008】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、電子放出特性の劣化を抑制できて、寿命が長く、大電力でも動作させることが可能な電子エミッタ素子を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電子エミッタ素子は、電子を放出するエミッタ部を備えた電子エミッタ素子において、前記エミッタ部は先端が尖った形状をなし、ダイヤモンドにより構成されていることを特徴とする。

【0010】

【作用】本発明においては、電子を放出するエミッタ部がダイヤモンドにより構成されており、その先端部は尖った形状をなしている。ダイヤモンドは耐熱性及び耐電圧が高いため、本発明に係る電子エミッタ素子に高電圧を印加し大電力で動作させても、エミッタ部の先端形状の変化が少なく、寿命が長いと共に、電子放出特性の劣化が抑制される。また、ダイヤモンドの真空準位は導電帯に近い位置にある（M.W.Geis, J.A.Gregory, and P.B.Pate; IEEE Transaction on Electron Devices, Vol.38, No.3, p619, March 1991）。このため、ダイヤモンドには、電子を一旦導電帯に励起すれば、僅かなエネルギーを加えるだけで電子が真空中に自然に放出されるという特性がある。このような特性は他の材料では見られ

ず、ダイヤモンドは電子エミッタ素子のエミッタ部構成材料として極めて適している。

【0011】本発明では、上記ダイヤモンドの特長を生かすと共に、電子放出量が小さいという欠点を解決するために、ダイヤモンドにより構成されるエミッタ部の先端を尖った形状にする。これにより、エミッタ部の先端にかかる電界強度を大きくでき、前記エミッタ部からの電子放出量を大幅に増大させることができる。

【0012】なお、前記エミッタ部の材料であるダイヤモンドは、天然ダイヤモンド、高圧下で人工的に合成された人工ダイヤモンド及び気相合成ダイヤモンド等のうちから任意に選択すればよく、これらを組み合わせたものであってもよい。ダイヤモンドは、気相合成を使用して、シリコン等のセラミックス基板及びモリブデン等の金属基板上に成長させることができるが、このとき、原料ガス中に例えばジボラン (B_2H_6) ガスを微量添加することにより、ダイヤモンドが成長する過程でダイヤモンド中にB (ホウ素) 元素が不純物として取り込まれ、電気導電性のp型半導体ダイヤモンドが形成される。また、ダイヤモンド内への炭素イオン注入等によって、n型半導体ダイヤモンドを形成することもできる。このようなp型又はn型半導体ダイヤモンドを使用してエミッタ部を形成することにより、真性半導体ダイヤモンドを使用してエミッタ部を形成する場合に比して、電子放出効率が低い電子エミッタ素子を得ることができる。

【0013】更に、エミッタ部を尖った形状に成形するためには、例えばダイヤモンド部材を酸素を含むプラズマによりエッチングするか、又はイオンビームにより成形加工すればよい。

【0014】

【実施例】次に、本発明の実施例について添付の図面を参照して説明する。

【0015】図1 (a)乃至 (d) は、本発明の第1の実施例に係る電子エミッタ素子を製造するための製造方法の1例を工程順に示す断面図である。先ず、図1

(a) に示すように、1辺が約5mmの正方形であり、表面結晶方位が(100)にカットした低抵抗 ($<0.01\Omega \cdot cm$) Si基板1を用意し、このSi基板1上に、マイクロ波CVD (化学気相成長) 法によって、B (ホウ素) 原子をドーピングしたp型半導体多結晶ダイヤモンド薄膜2を例えば約20 μm の厚さに形成する。次に、図1 (b) に示すように、p型半導体多結晶ダイヤモンド薄膜2上に、フォトリソグラフィ法を使用して、直径が例えば約10 μm 、膜厚が例えば約2000Åの金薄膜を50 μm 間隔で格子状に配列させて形成し、レジストマスク3とする。

【0016】次に、図1 (c) に示すように、直流、高周波又はマイクロ波プラズマ (ECRプラズマも含む) CVD装置を使用し、この試料を酸素プラズマで約10分間処理する。これにより、レジストマスク3の下方に

針状のエミッタ部2aを形成することができる。

【0017】次いで、図1 (d) に示すように、レジストマスク3を除去した後、Si基板1の裏面側に銀電極4を形成する。これにより、本実施例に係る電子エミッタ素子が完成する。

【0018】本実施例に係る電子エミッタ素子は、エミッタ部が針状のダイヤモンドにより形成されているため、エミッタ部の先端における電界強度が高くなり、電子放出量が多い。また、エミッタ部がダイヤモンドにより構成されているため、耐熱性及び耐電圧が高い。従って、高電圧を印加してもエミッタ部の先端部の形状の変化が少なく寿命が長いと共に、大電力で動作させることができる。

【0019】なお、上述した電子エミッタ素子の製造方法においては、マイクロ波プラズマCVD装置を使用しダイヤモンド膜をエッチングしてエミッタ部を形成する場合について説明したが、イオンビームでダイヤモンド部材を成形加工することによって針状のエミッタ部を形成することもできる。

【0020】本実施例に係るエミッタ素子は、例えば、エミッタ部から離隔して電子引き出し用陽極を配設した構造とする。このような構造は、発光素子、整流素子及び過電流制御素子等に適用することができる。この場合に、前記エミッタ部と前記電子引き出し用電極との間は、真空であってもよいし、絶縁体、半導体、有機物又は液体等が介在していてもよい。また、例えば、エミッタ部から離隔して電子引き出し用陽極を配設すると共に、前記エミッタ部及び前記陽極間に制御用電極を配設した構造としてもよい。このような構造は、スイッチング素子、増幅素子、整流素子及び過電流制御素子等に適用することができる。この場合も、エミッタ部と陽極との間は、真空であってもよいし、絶縁体、半導体、有機物、液体又は気体が介在していてもよい。更に、上述の電子素子を複数個集積して集積回路を形成することも可能である。

【0021】次に、本実施例に係るエミッタ素子を使用して実際に発光素子を形成し、その特性を調べた結果について説明する。

【0022】図2は、本実施例に係るエミッタ素子を実際に発光素子に適用した例を示す模式的断面図である。電子エミッタ素子のエミッタ部2aの先端から約20 μm の位置に発光板を配置した。この発光板は、石英板8に透明電極7及び蛍光薄膜6が積層されたものである。そして、このエミッタ素子及び発光板をガラス容器5内に封入し、このガラス容器5内を真空にした。なお、エミッタ素子の銀電極4及び発光板の透明電極7は、夫々配線9a、9bに接続されており、この配線9a、9bはガラス容器5の壁を貫通してガラス容器5の外部に導出されている。

【0023】このように構成された発光素子において、

10

20

30

40

50

配線 9 a, 9 b に 20 V の電圧を印加したところ、蛍光薄膜 6 が発光した。そして、その発光強度は、24 時間経過した後も殆ど変化がなかった。一方、比較のために、エミッタ部が針状に成形されていないダイヤモンド薄膜を用いた以外は上述の構造と同様の発光素子を製造した。この発光素子は、100 V 以上の電圧を印加しなければ、発光が認められなかった。

【0024】図 3 は、本発明の第 2 の実施例に係る電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。本実施例においては、エミッタ部が p 型半導体ダイヤモンド層 12 と n 型半導体ダイヤモンド層 13 との 2 層構造になっている。即ち、本実施例に係る電子エミッタ素子は、基板 11 上に p 型半導体ダイヤモンド層 12 を形成し、この p 型半導体ダイヤモンド層 12 を加工して複数の針状の突起 12 a を設け、全面に n 型ダイヤモンド層 13 を積層したものである。本実施例においては、真性半導体を用いる場合に比して、電子放出効率をより一層増大できるという効果がある。なお、このような構造は、p 型半導体層 12 を加工して針状のエミッタ部を形成した後、p 型ダイヤモンド半導体層 12 の表面に炭素イオンを注入しこの p 型半導体ダイヤモンド層 12 の表面を n 型化して形成してもよい。

【0025】図 4 は、本発明の第 3 の実施例に係る電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。単結晶ダイヤモンドからなる基板 16 上には、気相合成法により形成された p 型半導体ダイヤモンド層 17 が設けられている。そして、この p 型半導体ダイヤモンド層 17 には、針状に成形された複数のエミッタ部 17 a が設けられている。本実施例に係る電子エミッタ素子は、基板 16 が単結晶ダイヤモンドからなるため、第 1 の実施例に比して耐熱性が高いと共に、高周波特性が優れているという効果を得ることができる。また、p 型半導体ダイヤモンド層 17 の電気特性を制御することにより、所望の特性を有する電子エミッタ素子を製造できる。

【0026】図 5 は、本発明の第 4 の実施例に係る電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。本実施例が第 3 の実施例と異なる点は、基板 18 に Si ウェハが使用されていることにある。本実施例においては、所望の特性を有する電子エミッタを得ることができると共に、大面積に多数のエミッタ部を形成することが容易であるという効果を奏する。

【0027】図 6 は、本発明の第 5 の実施例に係る電子エミッタ素子を示す斜視図である。内側エミッタ部 20 a 及び外側エミッタ部 20 b は同心円の円周に沿って延び、平面視で 2 重のリング状に配置されている。そして、これらのエミッタ部 20 a, 20 b はいずれもダイヤモンドにより構成されており、その先端は鋭利に尖っている。このような形状のエミッタ部は、図 1 (b) に示す工程において、ダイヤモンド膜上に形成するマスクの形状を 2 重のリング状とすることによって形成するこ

とができる。本実施例においても、第 1 の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0028】なお、本実施例においては、エミッタ部が 2 重のリング状に形成されている場合について説明したが、エミッタ部はその先端が尖った形状であれば、1 重又は 3 重以上のリング状に形成されていてもよい。また、エミッタ部は、必ずしもリング状に閉じている必要はなく、例えば C 字形等のように開いていても、直線上に延びるものであってもよい。

【0029】更に、上述の各実施例においては、いずれも基板上に形成されたダイヤモンドを成形加工してエミッタ部を形成したものであるが、例えば、予め針状に成形されたダイヤモンド部材を金属製の保持台に導電ペーストで接合し、前記ダイヤモンド部材をエミッタ部としてもよい。

【0030】図 7 は、本発明に係る電子エミッタ素子を発光素子に使用した第 2 の例を示す模式的断面図である。電子エミッタ素子 20 は、基板 21 及びこの基板 21 上に形成されたダイヤモンド層 22 により構成されており、このダイヤモンド層 22 には針状に突出するエミッタ部 22 a が設けられている。また、この電子エミッタ素子 20 に対向して、発光板 23 が配置されている。電子エミッタ素子 20 及び発光板 23 はガラス容器 26 内に封入されており、ガラス容器 26 内は真空中に維持されている。発光板 23 の一方の面には引き出し電極 24 が形成されており、この引き出し電極 24 はガラス容器 26 の内面に接合されている。エミッタ素子 20 に接続された配線 25 a は、ガラス容器 26 の壁を貫通して外部に導出されており、引き出し電極 24 に接続された配線 25 b はガラス容器 26 内の壁面に沿って引き回され、ガラス容器 26 の壁面を貫通して配線 25 a と同一方向に導出されている。

【0031】このように構成された発光素子においては、図 2 に示す発光素子と同様に、低電圧で発光板を発光させることができると共に、長時間に亘って良好な発光強度を得ることができる。

【0032】図 8 は、本発明に係る電子エミッタ素子を整流素子に適用した例を示す模式的断面図である。ガラス容器 27 内には電子エミッタ素子 20 及び引き出し電極 28 が相互に対向して配置されている。このガラス容器 27 内は真空中に維持されるようになっている。また、電子エミッタ素子 20 及び引き出し電極 28 に夫々接続された配線 29 a 及び 29 b は、ガラス容器 27 の壁を貫通して外部に引き出されている。

【0033】このように構成された整流素子において、配線 29 a 及び 29 b に交流電圧を印加すると、エミッタ部 22 a から引き出し電極 28 側に電子が流れるが、逆方向には電子が流れないので、配線 29 a, 29 b 間

に印加された交流電圧は整流される。

【0034】図 9 は、本発明に係る電子エミッタ素子を

整流素子に適用した他の例を示す模式的断面図である。基板31上にはダイヤモンド層32が形成されており、このダイヤモンド層32には針状に成形されたエミッタ部32aが設けられている。また、ダイヤモンド層32上には絶縁膜33が形成されている。この絶縁膜33のエミッタ部32aに対応する部分には孔33aが設けられており、エミッタ部32aが露出している。孔33aの周囲の絶縁膜33上には、引き出し電極34が形成されている。

【0035】このように構成された整流素子において、10 基板31と引き出し電極34との間に交流電圧を印加すると、基板31側に負の電圧が印加されている期間はエミッタ部32aから引き出し電極34側に電子が流れ、基板31側に正の電圧が印加されている期間は電流が流れないので、基板31と引き出し電極34との間に印加された交流電圧は整流される。

【0036】なお、この整流素子の構造は、過電流制御素子に適用することができる。即ち、基板31と引き出し電極34との間に流れる電流が設定された電流量を越えないようにすることができる。

【0037】図10は、本発明に係る電子エミッタ素子をトランジスタに適用した例を示す模式的断面図である。基板36上にはダイヤモンド層37が形成されており、このダイヤモンド層37上には針状のエミッタ部37aが設けられている。ダイヤモンド層37上には絶縁膜38が形成されており、この絶縁膜38のエミッタ部37aに対応する部分には孔38aが設けられている。この孔38aの周囲の絶縁膜38上には電流制御用電極39が配設されており、この電流制御用電極39の外側には引き出し電極40が配設されている。

【0038】このように構成されたトランジスタにおいて、基板36と引き出し電極40との間に所定の電圧を印加すると、エミッタ部37aから引き出し電極40に向けて電子が流れ、引き出し電極40からエミッタ部37aに電流が流れる。この場合に、電流制御用電極39に印加する電圧を制御することにより、引き出し電極40からエミッタ部37aに流れる電流を制御することができる。

【0039】なお、通常、本発明に係る電子エミッタ素子は、真空中での電子の放出に使用されるが、絶縁体、半導体、有機物、液体及び気体中に電子を放出するエミッタ素子として使用することもできる。例えば、図11は、絶縁体中に電子を放出する電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。電子エミッタ素子42はダイヤモンドにより構成されており、一方の面側には針状のエミッタ部42aが設けられ、他方の面側には電極44が接合されている。このエミッタ素子42に対向して電極46が設けられており、このエミッタ素子42と電極46との間には絶縁体からなる媒体41が設けられている。このような構造は、整流素子及び固体発光素子等に適用

することができる。また、媒体41として半導体を使用しても、整流素子及び固体発光素子等を構成することができる。更に、媒体41として有機物、液体又は気体を使用することによって、放射線センサ及び紫外線センサ等に適用することができる。

【0040】また、上述の実施例及び適用例においては、いずれも単体の素子として使用する場合について説明したが、複数の電子エミッタ素子又はそれを応用した素子を集積化し、集積回路とすることも可能である。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る電子エミッタ素子は、電子を放出するエミッタ部がダイヤモンドにより構成されているから、電子放出特性の劣化を回避できると共に、寿命が長く、大電力でも動作することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)乃至(d)は本発明の第1の実施例に係る電子エミッタ素子を製造するための製造方法の1例を工程順に示す模式的断面図である。

20 【図2】本発明の実施例に係るエミッタ素子を実際に発光素子に適用した例を示す模式的断面図である。

【図3】本発明の第2の実施例に係るダイヤモンドエミッタ素子を示す模式的断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例に係る電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。

【図5】本発明の第4の実施例に係る電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。

【図6】本発明の第5の実施例に係る電子エミッタ素子を示す斜視図である。

30 【図7】本発明に係る電子エミッタ素子を発光素子に使用した第2の例を示す模式的断面図である。

【図8】本発明に係る電子エミッタ素子を整流素子に適用した例を示す模式的断面図である。

【図9】本発明に係る電子エミッタ素子を整流素子に適用した他の例を示す模式的断面図である。

【図10】本発明に係る電子エミッタ素子をトランジスタに適用した例を示す模式的断面図である。

【図11】絶縁体中に電子を放出する電子エミッタ素子を示す模式的断面図である。

40 【図12】従来の電子エミッタ素子により構成された発光素子の一例を示す模式的断面図である。

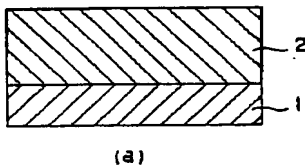
【符号の説明】

1, 11, 16, 18, 21, 31, 36, 51; 基板
2, 12, 13, 17, 22, 32, 37; ダイヤモンド層
2a, 12a, 17a, 20a, 20b, 22a, 32a, 37a, 52a; エミッタ部
3; レジストマスク
4; 銀電極
5, 26, 27; ガラス容器

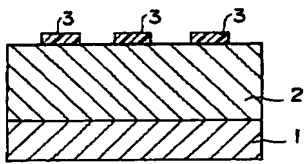
6, 53 : 蛍光薄膜
 7, 54 : 透明電極
 8 : 石英板
 9a, 9b, 25a, 25b, 29a, 29b : 配線
 20, 42 : 電子エミッタ素子

24, 28, 34, 40 : 引き出し電極
 33, 38 : 絶縁膜
 39 : 電流制御用電極
 55 : ガラス基板
 56 : 対向電極

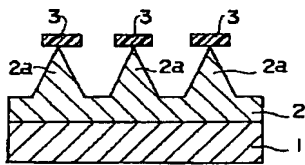
【図1】



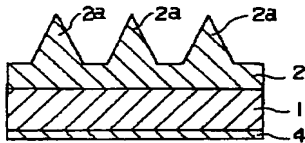
(a)



(b)

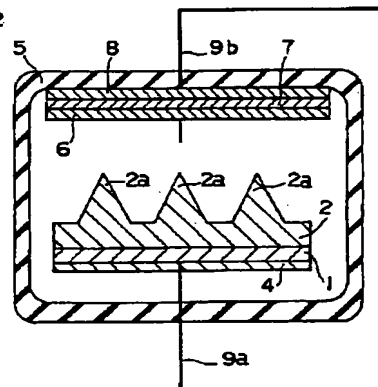


(c)

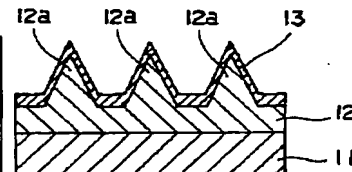


(d)

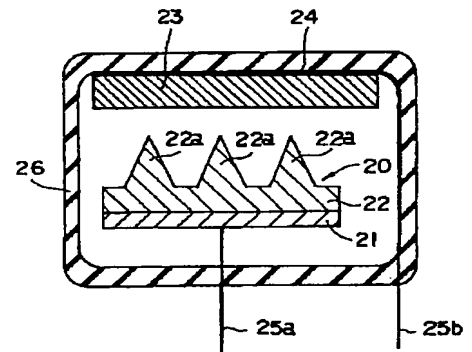
【図2】



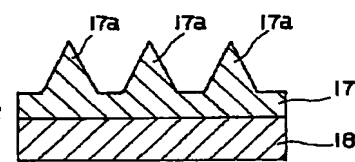
【図3】



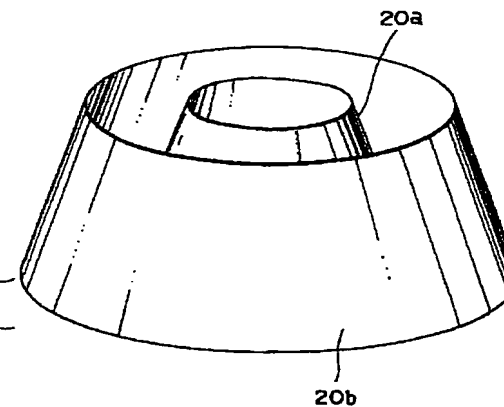
【図7】



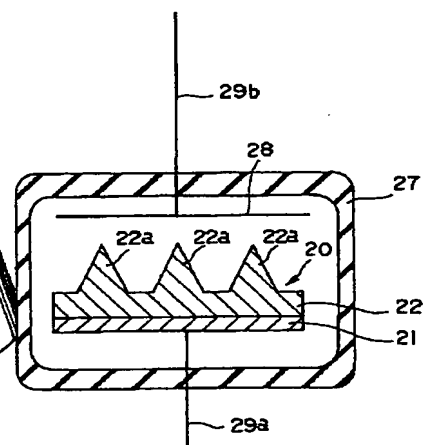
【図5】



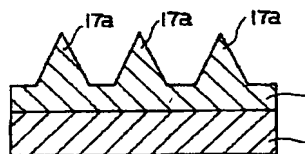
【図6】



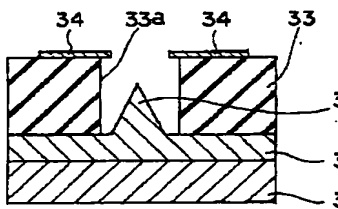
【図8】



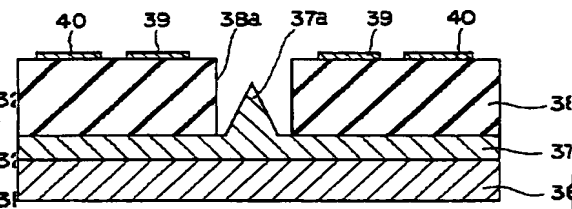
【図4】



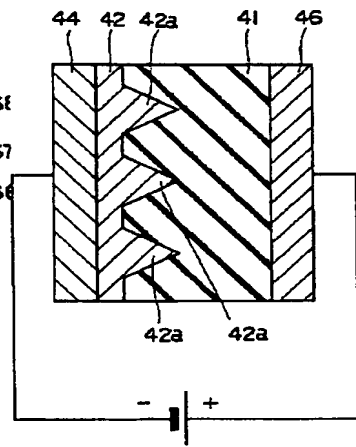
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

